

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“PROPUESTA DE MEJORA DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS  
EN LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE BOTINES  
PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA  
EMPRESA CALZADOS CELESTE”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Autor:

Billy Anthony Polo Bermúdez

Asesor:

Ing. Rafael Luis Alberto Castillo Cabrera

Trujillo - Perú

2020



## Tabla de contenidos

DEDICATORIA .....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS .....	5
ÍNDICE DE FIGURAS .....	10
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	12
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>14</b>
1.1. Realidad problemática .....	14
1.2. Formulación del problema .....	29
1.3. Objetivos .....	29
1.3.1. <i>Objetivo general</i> .....	29
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	29
1.4. Hipótesis .....	29
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....</b>	<b>30</b>
2.1. Tipo de investigación .....	30
2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos) .....	30
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	31
2.4. Procedimiento .....	31
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>32</b>
3.1 Diagnóstico actual de los procesos de producción de botines.....	32
3.2 Propuesta de mejora de tiempos y movimientos .....	50
3.2.1 <i>Estudio de movimientos</i> .....	50
3.2.2 <i>Balance de producción</i> .....	63
3.2.3 <i>Aplicación Kanban</i> .....	79
3.2.4 <i>Metodología 5S</i> .....	82
3.2.5 <i>Mantenimiento Preventivo y predictivo</i> .....	105
3.3. Simulación de la productividad.....	111
3.4 Resultados del impacto de las herramientas.....	122
3.5 Análisis económico - Financiero.....	127
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>129</b>
4.1 Discusión .....	129
4.2 Conclusiones.....	131
RECOMENDACIONES .....	132
REFERENCIAS .....	133
ANEXOS.....	135

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Horas extras contratadas durante el 2019 .....	18
Tabla 2. Paradas no planificadas de las máquinas .....	18
Tabla 3. Mermas estimadas trimestral .....	19
Tabla 4. Ponderaciones de habilidad .....	25
Tabla 5. Ponderaciones de esfuerzo .....	25
Tabla 6. Ponderaciones de condiciones .....	26
Tabla 7. Ponderaciones de consistencia .....	26
Tabla 8. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	31
Tabla 9. Diagrama análisis del proceso de corte .....	33
Tabla 10. Resumen del proceso de corte. ....	34
Tabla 11. Diagrama análisis del proceso de perfilado .....	35
Tabla 12. Resumen del proceso de perfilado .....	37
Tabla 13. Diagrama análisis del proceso de armado .....	37
Tabla 14. Resumen del proceso de armado .....	39
Tabla 15. Diagrama del análisis del proceso de alistado .....	39
Tabla 16. Resumen del proceso de alistado .....	40
Tabla 17. Tiempo registrado del flujo de materiales con la distribución actual .....	42
Tabla 18. Indicador OEE para los hornos eléctricos de la empresa Calzados Celeste .....	43
Tabla 19. Resultados de los encuestados del área de producción .....	45
Tabla 20. Análisis Pareto de las causas raíz .....	45
Tabla 21. Propuesta de mejora para las causas raíz críticas identificadas .....	46
Tabla 22. Pérdida por deficientes movimientos de los operarios durante la operación. ....	46
Tabla 23. Pérdida anual por desbalance de producción .....	47
Tabla 24. Pérdida anual por paradas no planificadas de maquinaria. ....	47
Tabla 25. Mermas trimestrales de la materia prima principal del calzado. ....	48
Tabla 26. Matriz de indicadores .....	49
Tabla 27. Therblig eficientes actuales del proceso de corte .....	50
Tabla 28. Therblig deficientes actuales del proceso de corte .....	50
Tabla 29. Identificación de problemas y propuestas de solución .....	51
Tabla 30. Therblig eficientes propuestos del proceso de corte .....	52
Tabla 31. Therblig deficientes propuestos del proceso de corte .....	52

Tabla 32. Therblig eficientes del proceso actual de perfilado. ....	54
Tabla 33. Therblig deficientes del proceso actual de perfilado. ....	54
Tabla 34. Identificación de problemas y propuestas de solución para el proceso de perfilado.....	55
Tabla 35. Therblig eficientes del proceso propuesto de perfilado.....	56
Tabla 36. Therblig deficientes del proceso propuesto de perfilado.....	56
Tabla 37. Therblig eficientes del proceso actual de armado. ....	57
Tabla 38. Therblig deficientes del proceso actual de armado. ....	57
Tabla 39. Identificación de problemas y propuestas de solución para el proceso de armado .....	58
Tabla 40. Therblig eficientes del proceso propuesto de armado. ....	59
Tabla 41. Therblig eficientes del proceso propuesto de armado. ....	59
Tabla 42. Therblig eficientes del proceso actual de alistado .....	60
Tabla 43. Therblig deficientes del proceso actual de alistado .....	60
Tabla 44. Identificación de problemas y propuestas de solución para el proceso de alistado .....	61
Tabla 45. Therblig eficientes del proceso propuesto de alistado.....	62
Tabla 46. Therblig deficientes del proceso propuesto de alistado.....	62
Tabla 47. Muestra piloto del proceso de producción de botines .....	63
Tabla 48. Cálculo del tamaño de muestra a partir de una muestra piloto.....	63
Tabla 49. Factor de Desempeño en el proceso de corte. ....	64
Tabla 50. Factor de Desempeño en el proceso de perfilado. ....	64
Tabla 51. Factor de Desempeño en el proceso de armado. ....	64
Tabla 52. Factor de Desempeño en el proceso de alistado.....	64
Tabla 53. Suplementos en el proceso de corte.....	65
Tabla 54. Suplementos en el proceso de perfilado .....	65
Tabla 55. Suplementos en el proceso de Armado .....	65
Tabla 56. Suplementos en el Alistado .....	65
Tabla 57. Tiempo estándar de los procesos de producción de botines.....	66
Tabla 58. Datos históricos de producción de la empresa Calzados.....	68
Tabla 59. Resumen de pronósticos MINITAB .....	69
Tabla 60. Escenario 1 - Metodología óptima considerando los mismos recursos - hombre	70
Tabla 61. Métricas de comparación - Escenario 1.....	70

Tabla 62. Cálculo del costo total de mano de obra extra para realizar la producción meta – Escenario 1 .....	70
Tabla 63. Escenario 2 - Metodología óptima considerando un recurso - hombre adicional en alistado.....	71
Tabla 64. Métricas de comparación - Escenario 2.....	71
Tabla 65. Cálculo del costo total de mano de obra extra para realizar la producción meta – Escenario 2 .....	71
Tabla 66. Escenario 3 - Metodología óptima considerando un recurso - hombre menos en corte. ....	72
Tabla 67. Métricas de comparación - Escenario 3.....	72
Tabla 68. Cálculo del costo total de mano de obra extra para realizar la producción meta – Escenario 3 .....	72
Tabla 69. Escenario 4 - Metodología óptima considerando un recurso - hombre menos en el perfilado.....	73
Tabla 70. Métricas de comparación - Escenario 4.....	73
Tabla 71. Cálculo del costo total de mano de obra extra para realizar la producción meta – Escenario 4 .....	73
Tabla 72. Escenario 5 - Metodología óptima considerando un recurso - hombre menos en el armado. ....	74
Tabla 73. Métricas de comparación - Escenario 5.....	74
Tabla 74. Cálculo del costo total de mano de obra extra para realizar la producción meta – Escenario 5 .....	74
Tabla 75. Simulación de escenarios del balance de producción.....	75
Tabla 76. Tiempo estándar vs Takt Time .....	76
Tabla 77. Tiempos ineficientes de corte por alcance de materiales .....	77
Tabla 78. Tiempos ineficientes de perfilado por alcance de materiales.....	77
Tabla 79. Tiempos ineficientes de armado por alcance de materiales. ....	78
Tabla 80. Tiempos ineficientes de alistado por alcance o traslado de materiales. ....	78
Tabla 81. Nuevo tiempo estándar vs Takt Time.....	78
Tabla 82. Leyenda para los Kanban de transporte.....	79
Tabla 83. Formato C de Kanban de transporte.....	79
Tabla 84. Formato P de Kanban de transporte .....	79
Tabla 85. Formato AR de Kanban de transporte.....	79

Tabla 86. Formato AL de Kanban de transporte .....	80
Tabla 87. Formato de Kanban de producción para el corte de piezas .....	80
Tabla 88. Formato de Kanban de producción para el proceso de perfilado .....	80
Tabla 89. Formato de Kanban de producción para el proceso de armado.....	81
Tabla 90. Formato de Kanban de producción para el proceso de alistado .....	81
Tabla 91. Criterios y pesos para el diagnóstico de la cultura 5S .....	82
Tabla 92. Resultados del análisis de la auditoría inicial 5S .....	82
Tabla 93. Cronograma para la rotación de responsabilidades en la limpieza de las áreas de producción. ....	100
Tabla 94. Actividades de limpieza de máquinas, herramientas y espacios del área de producción. ....	100
Tabla 95. Cronograma de responsabilidad .....	101
Tabla 96. Cronograma de responsabilidades para la limpieza general del área.....	101
Tabla 97. Indicadores para el mantenimiento total productivo. ....	105
Tabla 98. Registros de fallas históricas del horno antiguo. ....	107
Tabla 99. Prueba de Kolmogorov Smirnov .....	108
Tabla 100. Generación de Variables normales .....	108
Tabla 101. Fechas de posibles fallas .....	109
Tabla 102. Prueba de Kolmogorov para los tiempos del proceso de Corte.....	111
Tabla 103. Prueba de Kolmogorov para los tiempos del proceso de Perfilado.....	112
Tabla 104. Prueba de Kolmogorov para los tiempos del proceso de armado .....	113
Tabla 105. Producción de fallo por par de botines .....	115
Tabla 106. Simulación del proceso de producción de botines. ....	116
Tabla 107. Simulación de la productividad al mes de marzo sin considerar los suplementos. ....	119
Tabla 108. Variación de la productividad. ....	121
Tabla 109. Variación de los tiempos antes y después del análisis de diagrama Bimanual. ....	122
Tabla 110. Variación positiva del tiempo estándar .....	123
Tabla 111. Balance de línea 1 .....	123
Tabla 112. Balance línea 2 .....	124
Tabla 113. Tiempo optimizado.....	124
Tabla 114. Variación de cultura de orden y limpieza esperada.....	124

Tabla 115. Reducción de merma de producción .....	125
Tabla 116. Reducción de paradas de las máquinas de producción.....	126
Tabla 117. Variación de la productividad. ....	126
Tabla 118. Costos intangibles de implementación. ....	127
Tabla 119. Costos tangibles de inversión para las 5s .....	127
Tabla 120. Costo de inversión de implementación de mejoras en los hornos.....	127
Tabla 121. Ahorros por optimización de tiempos .....	128
Tabla 122. Ahorros por optimización del flujo de la producción.....	128
Tabla 123. Análisis financiero.....	128

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Producción de calzado a nivel internacional .....	14
Figura 2. Exportación de calzado a nivel internacional .....	15
Figura 3. Porcentaje de exportación de los fabricantes de calzado a nivel nacional. ....	15
Figura 4. Variación de la exportación de calzado peruano .....	16
Figura 5. Causas principales de las deficiencias del método de trabajo. ....	22
Figura 6. Proceso general del área de producción de la empresa Calzado Celeste en la ciudad de Trujillo.....	32
<i>Figura 7. Flujo de los materiales del área de producción. ....</i>	<i>41</i>
Figura 8. Diagrama Ishikawa de la baja productividad de la empresa Calzados Celeste. ..	44
Figura 9. Perfil del Diagrama de Pareto de las causas raíz .....	45
Figura 10. Productividad de mano de obra en los diferentes escenarios. ....	75
Figura 11. Costo de mano de obra en los diferentes escenarios.....	75
Figura 12. Perfil de los tiempos por procesos. ....	76
Figura 13. Tarjeta roja en el recogedor .....	83
Figura 14. Varilla de fierro.....	84
Figura 15. Esmeril y plantillas dentro de una caja. ....	84
Figura 16. Tarjeta roja en los retazos de los cueros .....	85
Figura 17. Tarjeta roja en el esmeril .....	85
Figura 18. Clavos oxidados y baldes de pintura vacíos .....	86
Figura 19. Tarjeta roja en el combo y plancha de falsa .....	86
Figura 20. Tarjeta roja en plantillas sueltas .....	87
Figura 21. Tarjeta roja en los moldes cortados.....	87
Figura 22. Tarjeta roja en la herramienta de cambio y botella de gaseosa .....	88
Figura 23. Tarjeta roja en depósitos vacíos .....	88
Figura 24. Hormas acumuladas.....	89
Figura 25. Tarjeta en los tarros de pegamento .....	89
Figura 26. Plantas de zapatos desordenados .....	90
Figura 27. Diagrama de Pareto de la razón del problema del área de producción.....	90
Figura 28. Diagrama de Pareto de la acción a tomar del área de producción .....	91
Figura 29. Delimitación y señalización del área de corte .....	91
Figura 30. Delimitación y señalización para las zonas de armado y alistado. ....	92



Figura 31. Diseño de estantes para las hormas .....	92
Figura 32. Estante principal del área de corte. ....	93
Figura 33. Área de corte .....	94
Figura 34. Área de perfilado.....	95
Figura 35. Área de armado .....	96
Figura 36. Área de alistado.....	97
Figura 37. Área de alistado .....	99
Figura 38. Mapa de distribución de producción .....	102
Figura 39. Estándar 1.....	102
Figura 40. Estándar 2 .....	103
Figura 41. Estándar 4 .....	103
Figura 42. Estándar 5 .....	104
Figura 43. Principios de la organización .....	104
Figura 44. Esquema de análisis de las causas directas de las fallas del horno eléctrico. .	106
Figura 45. Análisis de criticidad de las máquinas.....	106
Figura 46. Diagrama de proceso de Simulación en Arena Software. ....	115
Figura 47. Promedio de producción diaria según la simulación en Arena. ....	117
Figura 48. Colas promedio en el mes de marzo según la simulación. ....	117
Figura 49. Eficiencia de los procesos .....	118
Figura 50. Producción promedio por proceso. ....	118
Figura 51. Promedio de producción diaria según la simulación en Arena. ....	120
Figura 52. Colas promedio en el mes de marzo según la simulación .....	120
Figura 534. Producción promedio por proceso .....	121
Figura 543. Eficiencia de los procesos.....	121
Figura 55. Perfil de la variación de los tiempos por proceso.....	122
Figura 56. Flujo económico .....	128

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Fórmula de tiempo normal.....	26
Ecuación 2. Fórmula del tiempo estándar .....	27
Ecuación 3. Productividad de mano de obra .....	28
Ecuación 4. Fórmulas balance de línea Heijunka.....	28

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo realizar una propuesta de mejora de tiempos y movimientos en los procesos de producción de botines para incrementar la productividad de la empresa Calzados Celeste.

Se realizó un diagnóstico de la situación de la productividad con la metodología actual de trabajo; luego se procedió a realizar un análisis de las actividades en el diagrama Bimanual, en donde se determinó los movimientos eficientes y deficientes, antes y después de la propuesta. Los ahorros en tiempo de cada proceso son: 192 s en corte; 240 s en perfilado; 160 s en armado y 17 s en alistado. Asimismo; se estima un ahorro por la propuesta Kanban y 5s de 2.7 min del ciclo total y 513.5 soles respectivamente; además se espera que el programa de mantenimiento y limpieza ejecutada pueda reducir a “0” las paradas no planificadas de las máquinas. Además, se calculó el tiempo estándar óptimo estimado para la producción de botines: 6.44 en corte; 5.35 en perfilado; 6.36 en armado y 6.09 en alistado. Por último; se estimó un incremento de la productividad de 0.86 a 1.113 con las propuestas de mejora de tiempos y movimientos en los procesos de producción de botines.

Finalmente se obtuvo un VAN de S/. 6868.69, la TIR de 16% y B/C de 1.76 por consiguiente el proyecto es viable para su implementación.

**Palabras clave:** Tiempos, Movimientos y Productividad

## **NOTA DE ACCESO**

**No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales**

## REFERENCIAS

- Aguilar Preciado, F. M. (2015). *Estudio de tiempos y movimientos en la línea de producción de cajas reductoras para aumentar la productividad en la factoría águila real*. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo.
- Andina. (16 de Julio de 2015). Obtenido de <https://andina.pe/agencia/noticia-empresas-del-calzado-trujillo-producen-25-del-total-nacional-565915.aspx>
- Arana Ponce, J. A. (2015). *Aplicación de técnicas de estudio del trabajo para incrementar la productividad del área de conversión en una planta de producción de lijas*. Arequipa: Universidad Católica de Santa María.
- Benjamin W., N., & Andris, F. (2009). *Ingeniería Industrial - Métodos, estándares y diseño del trabajo*. Mexico: The Mc Graw - Hill Companies.
- Benjamin W., N., & Andris, F. (2009). *Ingeniería Industrial - Métodos, estándares y diseño del trabajo*. Mexico: The Mc Graw - Hill Companies.
- Camilo Jananía, A. (2008). *Manual de tiempos y movimientos - Ingeniería de métodos*. Mexico: Limusa S.A. de CV Grupo Noriega Editores.
- Criollo, R. G. (1998). *Estudio del trabajo - Ingeniería de métodos y medición del trabajo*. Mc Graw Hill: Monterrey.
- Criollo, R. G. (1998). *Estudio del trabajo - Ingeniería de métodos y medición del trabajo*. Monterrey: Mc Graw Hill.
- Cruz Salinas, M. Y. (2018). *INFORME ANUAL 2018*. Trujillo: Calzados Celeste.
- EOI. (2013). *Lean Manufacturing: Conceptos, técnicas e implantación*. Fundación EOI: MADRID.
- ICEX. (2019). *Calzado en Perú*. Madrid: ICEX.
- Kamawaty, G. (1996). *Introducción al estudio del trabajo*. Ginebra: Organización Internacional del trabajo.
- Kamawaty, G. (1996). *Introducción al estudio del trabajo*. Ginebra: Organización Internacional del trabajo.
- La República. (6 de Agosto de 2017). Obtenido de <https://larepublica.pe/economia/1070805-productos-chinos-afectan-la-industria-del-calzado/>
- Muñoz Ramírez, J. A. (2018). *Balance de línea para mejorar flujo de producción de la línea Busstar 360 de la empresa Busscar de Colombia SAS*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.

OBS Business School. (27 de Octubre de 2019). Obtenido de [https://www.obs-edu.com/int/blog-project-management/actualidad-del-project-](https://www.obs-edu.com/int/blog-project-management/actualidad-del-project-management/innovacion-y-calidad-claves-para-el-exito-empresarial)

[management/innovacion-y-calidad-claves-para-el-exito-empresarial](https://www.obs-edu.com/int/blog-project-management/actualidad-del-project-management/innovacion-y-calidad-claves-para-el-exito-empresarial)

Rajadell, M., & Sánchez, J. L. (2010). *Lean Manufacturing: la evidencia de una necesidad*. Madrid: Diaz de Santos.

RD CALZADO. (14 de Agosto de 2019). Obtenido de

<http://revistadelcalzado.com/anuario-sector-mundial-calzado-2018/>

Rupay Claros, E. (2017). *Aplicación de la ingeniería de métodos para mejorar la productividad en la fabricación de garruchas de bronce*, SERMEFIT S.A.C., LOS OLIVOS, 2017. Lima: Universidad Cesar Vallejo.

Tapia Durand, L. K. (2017). *Estudio de tiempos y metodos para la mejora de la productividad en la línea de producción de colchones en la empresa Monlop SA*. Lima 2017. Lima: Universidad Cesar Vallejo.